

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :

G01P 15/06, 21/00, 15/08

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/09174

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

5. März 1998 (05.03.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/03821

(22) Internationales Anmeldedatum: 30. August 1996 (30.08.96)

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG
DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE];
Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GEIGER, Wolfram [DE/DE];
Adlerstrasse 32, D-70794 Filderstadt (DE). KÜCK, Heinz
[DE/DE]; Dresdner Strasse 28, D-01465 Langebrück
(DE). ERLEBACH, Axel [DE/DE]; Hartigstrasse 2, D-
01127 Dresden (DE). FISCHER, Wolf-Joachim [DE/DE];
Neschwitzstrasse 4, D-01324 Dresden (DE).

(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; P.O. Box 71 08 67, D-81458
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, NO, US, europäisches Patent (AT,
BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: ACCELERATION LIMIT SENSOR

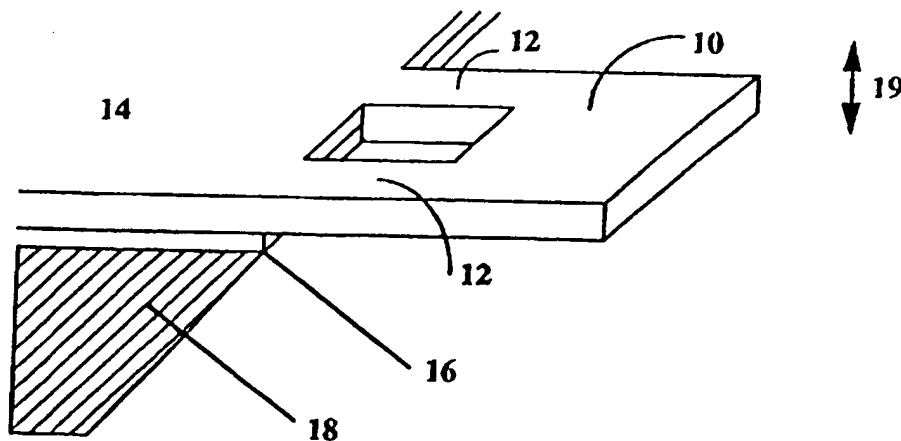
(54) Bezeichnung: BESCHLEUNIGUNGSGRENZWERTSENSOR

(57) Abstract

An acceleration limit sensor presenting a support device (14; 36), a seismic mass (10; 32) and a connecting device (12; 34) with which the seismic mass (10; 32) is mounted on the support device (14; 36). The connecting device (12; 34) presents a predetermined breaking point, which interrupts the connection between seismic mass (10; 32) and the support device when the seismic mass (10; 32) is impinged upon by an acceleration that exceeds a predetermined limit.

(57) Zusammenfassung

Ein Beschleunigungsgrenzwert-sensor weist eine Trägereinrichtung (14; 36), eine seismische Masse (10; 32) und eine Verbindungseinrichtung (12; 34), mit der die seismische Masse (10; 32) an der Trägereinrichtung (14; 36) angebracht ist, auf. Die Verbindungseinrichtung (12; 34) weist eine Sollbruchstelle auf, die die Verbindung zwischen der seismischen Masse (10; 32) und der Trägereinrichtung (14; 36) unterbricht, wenn die seismische Masse (10; 32) mit einer Beschleunigung beaufschlagt wird, die eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigt.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KN | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Beschleunigungsgrenzwertsensor

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Beschleunigungsgrenzwertsensor.

Es ist gemäß dem Stand der Technik bekannt, zur Überwachung von Beschleunigungs- und Stoß-Vorgängen, beispielsweise beim Transport wertvoller empfindlicher Güter, makroskopische mechanische Anordnungen zu verwenden. Eine derartige Anordnung weist einen durchsichtigen Kunststoffbehälter mit einer Metallkugel, die durch vier Federn in einer Ruheposition gehalten ist, auf. Bei einer mechanischen Beschleunigung oder bei einer Stoßbelastung oberhalb eines Grenzwertes verläßt die Kugel ihre Ruheposition. Nachfolgend kann durch eine optische Betrachtung festgestellt werden, ob ein solcher bekannter Grenzwertsensor einer Beschleunigung oder Stoßbelastung oberhalb eines Grenzwertes ausgesetzt war. Derartige makroskopische mechanische Anordnungen sind aufwendig. Ferner können derartige bekannte Anordnungen nur optisch, d.h. durch eine Betrachtung, ausgelesen werden.

In der Technik sind ferner zahlreiche Anwendungen mikromechanischer Strukturen zur Erfassung von Beschleunigungen, Geschwindigkeiten und Kräften bekannt. Mittels derartiger mikromechanischer Strukturen können beispielsweise Beschleunigungserfassungen mittels kapazitiver Messungen sowie anderen Meßprinzipien, beispielsweise mittels eines Schließens von Kontakten, durchgeführt werden. Derartige mikromechanische Strukturen sind jedoch nicht in der Lage, Informationen über die erfaßten Beschleunigungen mechanisch und damit ohne eine Hilfsenergie zu speichern.

Ausgehend von dem genannten Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Beschleunigungsgrenzwertsensor zu schaffen, der einen einfachen

Aufbau aufweist, kostengünstig herstellbar und ständig meßbereit ist, und ferner in der Lage ist, ohne Hilfsenergie zu speichern, daß der Sensor einer eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigenden Beschleunigung ausgesetzt war.

Diese Aufgabe wird durch einen Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft einen Beschleunigungsgrenzwertsensor, der eine Trägereinrichtung, eine seismische Masse und eine Verbindungseinrichtung, mit der die seismische Masse an der Trägereinrichtung angebracht ist, aufweist. Die Verbindungseinrichtung weist eine Sollbruchstelle auf, die die Verbindung zwischen der seismischen Masse und der Trägereinrichtung unterbricht, wenn die seismische Masse mit einer Beschleunigung beaufschlagt wird, die eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigt.

Bei dem erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensor sind die Trägereinrichtung, die seismische Masse und die Verbindungseinrichtung vorzugsweise einstückig mittels eines mikromechanischen Verfahrens aus einer Halbleiterschicht gebildet, derart, daß die Sollbruchstelle der Verbindungseinrichtung durch eine Gestaltung der Halbleiterschicht gebildet ist. Ein derartiger Beschleunigungsgrenzwertsensor weist ~~einen~~ einfachen Aufbau auf, ist kostengünstig herstellbar, ständig meßbereit und benötigt grundsätzlich keine Hilfsenergie für die Funktion. Speziell kann der erfindungsgemäße Sensor bei Langzeiteinsätzen bei einem geringsten Energieverbrauch in batteriebetriebenen Systemen vorteilhaft eingesetzt und zu einem beliebigen Zeitpunkt elektrisch ausgelesen werden.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen weist der mikromechanische Beschleunigungsgrenzwertsensor Bruchstrukturen auf, die aus einer seismischen Masse in der Form einer Platte oder einer ähnlichen Struktur und aus an einem Substrat und an der Masse befestigten Balken bestehen. Dabei können diese

Bruchstrukturen eine Leiterschleife bilden, die bei einem Bruch der Balken unterbrochen wird. Somit können die Grenzwertsensoren gemäß der vorliegenden Erfindung elektrisch oder aber auch optisch, beispielsweise durch eine Inaugenscheinnahme, ausgelesen werden. Derartige Bruchstrukturen lassen sich als Sensoren für Grenzbeschleunigungen aller Art, als Nachweiseinrichtungen für bestimmte Belastungsereignisse von Geräten und, wenn mehrere derselben in Arrayform in einem System angeordnet sind, als digitale Beschleunigungssensoren verwenden.

Der Einsatz von Bruchstrukturen, insbesondere von mikromechanischen Bruchstrukturen zur Erfassung von Grenzbeschleunigungen, als Nachweiseinrichtung für bestimmte Belastungsereignisse von Geräten, als digitale Beschleunigungssensoren und als Sensoren für andere mechanische Lasten ist aus dem Stand der Technik bisher nicht bekannt.

Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische, perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Beschleunigungsgrenzwertsensors gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 eine schematische Draufsicht des Beschleunigungsgrenzwertsensors von Fig. 1;
- Fig. 3 eine schematische, perspektivische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Beschleunigungsgrenzwertsensors gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 4 eine schematische Draufsicht des Beschleunigungsgrenzwertsensors von Fig. 3;

Fig. 5 eine schematische Schnittansicht des zweiten Ausführungsbeispiels des Beschleunigungsgrenzwertsensors entlang der Linie A-A von Fig. 4; und

Fig. 6 eine grobe, schematische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines Beschleunigungsgrenzwertsensors gemäß der vorliegenden Erfindung.

Mittels eines mikromechanischen Beschleunigungsgrenzwertsensors gemäß der vorliegenden Erfindung können Überschreitungen von Grenzbeschleunigungen oder Stößen erkannt und das Auftreten derselben gespeichert werden, so daß derartige Belastungsereignisse, beispielsweise bei einem wertvollen empfindlichen Gerät, nachweisbar sind. Dies ist möglich, da der erfindungsgemäße Beschleunigungsgrenzwertsensor eine Bruchstruktur mit einer Sollbruchstelle aufweist, die beim Auftreten einer bestimmten Beschleunigung bricht. Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen ist die Sollbruchstelle Teil einer Stromschleife, wobei die Stromschleife unterbrochen wird, wenn die Sollbruchstelle bricht. Dieses Unterbrechen der Stromschleife kann später durch das Anlegen einer Spannung festgestellt werden. Alternativ kann das Brechen durch eine visuelle Beobachtung erfaßt werden. Wird ein Array von Bruchstrukturen für verschiedene Beschleunigungswerte verwendet, können dabei Informationen über die Höhe der Beschleunigungsbelastung gewonnen werden.

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Tatsache, daß sich die Bruchstruktur bei einer Beschleunigungsbelastung verformt, wodurch sich eine mechanische Spannung aufbaut, wobei der oder die Balken, die als eine Verbindungseinrichtung zwischen der seismischen Masse und einem Träger wirken, an einer vorgesehenen Sollbruchstelle derselben brechen, wenn diese mechanische Spannung einen vorbestimmten bekannten Wert überschreitet. Der Bruch der Balken unterbricht beispielsweise eine Leiterschleife und führt dazu, daß bei einem späteren Anlegen von Spannung kein Strom fließt. Dies

ist ein Indikator dafür, daß die Struktur eine Beschleunigungsbelastung erfahren hat, die einen bestimmten Grenzwert überstieg. Alternativ kann die Struktur aber auch optisch durch Inaugenscheinnahme oder durch ein optisches Gerät mit einer geringen Vergrößerung ausgelesen werden.

Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung werden die Beschleunigungsgrenzwertsensoren unter Verwendung der Siliziumtechnik als Mikrochips gefertigt. Dazu werden beispielsweise SIMOX-Wafer oder andere SOI-Wafer verwendet.

In den Fig. 1 und 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensors dargestellt. Der Beschleunigungsgrenzwertsensor weist eine seismische Masse 10 auf, die über zwei Balken 12, die als eine Verbindungseinrichtung wirken, mit einer Trägereinrichtung, die allgemein mit 14 bezeichnet ist, verbunden ist. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die seismische Masse 10, die Balken 12 und die Trägereinrichtung 14 einstückig aus einer planaren Siliziumschicht gebildet. Im Bereich der Trägereinrichtung 14 befindet sich die Siliziumschicht auf einer Siliziumoxidschicht 16. Die Siliziumoxidschicht 16 befindet sich wiederum auf einem Siliziumsubstrat 18.

Die Balken 12, und damit die Sollbruchstelle dieses Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensors, sind derart ausgelegt, daß sie gegenüber Beschleunigungen senkrecht zur Chipebene, d.h. Beschleunigungen in der Richtung des Pfeils 19 in Fig. 1, empfindlich sind. D.h., daß die Sollbruchstellen brechen, wenn die seismische Masse 10 mit einer Beschleunigung in der Richtung des Pfeils 19 beaufschlagt wird, die eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigt.

Fig. 2 zeigt eine schematische Draufsicht des in Fig. 1 dargestellten Beschleunigungsgrenzwertsensors, wobei nur die

seismische Masse 10, die Balken 12 und der aus der Siliziumschicht bestehende Teil der Trägereinrichtung 14 dargestellt sind. Die gestrichelte Linie 20 kennzeichnet den Teil der Siliziumschicht, der "wegbricht", wenn der Beschleunigungsgrenzwertsensor mit einer Beschleunigung beaufschlagt wird, die den vorbestimmten Beschleunigungswert übersteigt. In Fig. 2 ist ferner eine Leiterbahn 22, die auf der Siliziumschicht angebracht ist, dargestellt. Diese Leiterbahn 22 weist Kontakte 24a und 24b auf, mittels derer durch das Anlegen einer Spannung erfaßt werden kann, wenn der Beschleunigungsgrenzwertsensor mit einer die Grenzbeschleunigung übersteigenden Beschleunigung beaufschlagt worden ist, d.h. wenn der von der gestrichelten Linie 20 eingerahmte Teil "weggebrochen" ist. In diesem Fall ist der durch die Leiterbahn 22 gebildete geschlossene Stromweg unterbrochen.

In den Fig. 3 und 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensors dargestellt. Dieser Sensor ist für eine Empfindlichkeit für Beschleunigungen in der Chipoberfläche, d.h. für Beschleunigungen in der Richtung des Pfeils 30 in Fig. 3, ausgelegt. Wiederum ist eine seismische Masse 32, eine Verbindungseinrichtung, die durch einen Balken 34 gebildet ist, und eine Trägereinrichtung 36 einstückig aus einer Siliziumschicht gebildet. Der die Trägereinrichtung bildende Teil der Siliziumschicht 36 befindet sich auf einer Oxidschicht 38, die sich auf einem Siliziumsubstrat 40 befindet.

Wird die seismische Masse 32 in der Richtung des Pfeils 30 mit einer Beschleunigung beaufschlagt, die eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigt, bricht der Balken 34, der die Verbindungseinrichtung zwischen seismischer Masse 32 und Trägervorrichtung 36 bildet. Wie in Fig. 4 dargestellt ist, kann wiederum eine Leiterbahn 41 auf der Siliziumschicht angebracht sein. Auf diese Leiterbahn kann verzichtet werden, wenn die Siliziumschicht selbst derart dotiert ist, daß dieselbe stromführend ist. Wie ferner in den Fig. 3 und 4 zu sehen ist, sind an der seismischen Masse 32 dünne Verbindun-

gen 42a, 42b, die aus der Siliziumschicht gebildet sind, angebracht. Diese Verbindungen 42a und 42b stellen eine weitere Verbindung zu dem die Trägereinrichtung bildenden Teil der Siliziumschicht dar. Die als Stromzuführung dienenden Verbindungen 42a und 42b sind geometrisch derart ausgestaltet, daß die mechanischen Eigenschaften des Systems durch dieselben nicht wesentlich beeinflußt werden.

In Fig. 4 ist der Teil der Sensorvorrichtung, der "wegbricht", wenn der Beschleunigungsgrenzwertsensor einer Beschleunigung ausgesetzt ist, die eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigt, durch gestrichelte Linien 44 gekennzeichnet. Die Leiterbahn ist derart über der Trägereinrichtung, den Balken 34 und die Verbindungen 42a und 42b ausgebildet, daß der Stromweg unterbrochen ist, wenn der Beschleunigungsgrenzwertsensor einer übermäßigen Beschleunigung ausgesetzt wurde. Dies kann durch das Anlegen einer Spannung an zwei von Kontakten 46a, 46b und 46c elektrisch erfaßt werden.

Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittdarstellung des in den Fig. 3 und 4 dargestellten Beschleunigungsgrenzwertsensors entlang der Linie A-A in Fig. 4. Aus dieser Darstellung ist zu entnehmen, wie der Beschleunigungsgrenzwertsensor aus einem System, das aus einer Siliziumschicht, einer Oxidschicht 38 und einem Siliziumsubstrat 40 besteht, hergestellt wurde. Dazu wird zuerst die Siliziumschicht in die in der Fig. 3 dargestellte Struktur strukturiert. Nachfolgend wird unterhalb der Bruchstruktur, die bei einer übermäßigen Beschleunigung "wegbricht", das Siliziumsubstrat 40 und die Siliziumoxidschicht 38 weggeätzt. Die Ätzung von Siliziumschicht, Siliziumsubstrat und Oxidschicht kann auch in einer anderen Reihenfolge geschehen. Die fertige Struktur wird nachfolgend mittels Abdeckungen 50 und 52 eingeschlossen. Die Abdeckung 52 ist an der Unterseite des Siliziumsubstrats 40 angebracht. Die Abdeckung 50 ist über Verbindungseinrichtungen 54a und 54b auf der Siliziumschicht, in der die Sensorstruktur gebildet ist, angebracht. Derartige Abdeckungen

liefern einen Schutz der Sensorstruktur vor einer Verschmutzung, vor Zerstörungen oder anderen Beeinträchtigungen.

Nachfolgend wird teilweise bezugnehmend auf Fig. 6 auf geeignete Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensors eingegangen. Fig. 6 ist eine schematische Querschnittansicht, die grob die Bauteile eines erfindungsgemäßen Sensors zeigt. In einer Platte oder Scheibe 100 ist eine Bruchstruktur 102 gebildet. Auf einer oder alternativ auf beiden Seiten der Scheibe 100 sind Trägerschichten 104 bzw. 106 vorgesehen. Die Trägerschichten sind im Bereich der Bruchstruktur 102 entfernt. Auf den Trägerschichten 104 und 106 sind Abdeckungen 108 und 110 angebracht, die einen Schutz der in der Scheibe 100 gebildeten Bruchstruktur 102 von beiden exponierten Seiten liefern. Es ist offensichtlich, daß, wenn eine der oder die Abdeckungen 108 und 110 nicht vorgesehen sind, eine der Trägerschichten 104 oder 106 entfallen kann. Ebenso kann die Trägerschicht 104 oder 106 bei geeigneter Ausbildung der Abdeckungen 108 und 110 entfallen.

Die Bruchstruktur des erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensors wird in einem geeigneten, im Falle einer späteren elektrischen Auslesung vorzugsweise leitfähigen Material, das in der Form einer dünnen Schicht oder Platte vorliegt, strukturiert. Die Strukturierung wird beispielsweise durch einfache mechanische Verfahren wie Stanzen, Schneiden oder Sägen, durch Lasertrennverfahren, durch lithographische Verfahren, durch Ätzverfahren oder dergleichen durchgeführt. Die Bruchstruktur kann dabei mit einer der Trägerschichten 104, 106 während der Strukturierung fest verbunden sein, wobei die Trägerschicht entweder eine nicht-leitende Schicht ist, oder zwischen der Trägerschicht und der Platte, in der die Bruchstruktur gebildet ist, ein Isolator (nicht dargestellt) angeordnet ist. Der Träger und die eventuell vorliegende Isolationsschicht unterhalb der Bruchstruktur 102 werden unterhalb der Bruchstruktur entfernt. Alternativ kann die Bruchstruktur auch nach der

Strukturierung durch Füge-techniken, beispielsweise durch Kleben oder durch anodisches Bonden oder andere Fügeverfahren mit einer Trägerschicht verbunden werden, wobei die Trägerschicht wiederum entweder eine nicht-leitende Schicht ist oder zwischen der Trägerschicht und der Bruchstruktur ein Isolator (nicht dargestellt) angeordnet ist. Auf die gleiche Art und Weise kann auf der anderen Seite der Platte 100 eine Trägerschicht angebracht werden. Auf diesen Trägerschichten 104 und 106 können zum Schutz vor Verschmutzungen, Zerstörungen oder anderen Beeinträchtigungen der Bruchstruktur 102 Abdeckungen 108 und 110 angebracht werden. Bei geeigneter Ausbildung der Abdeckungen 108 und 110 kann auf die Trägerschichten verzichtet werden.

Im folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung einer elektrisch auslesbaren Bruchstruktur näher erläutert. Auf den dünnen oberen Siliziumfilm eines SIMOX-Wafers wird eine zusätzliche Siliziumschicht mit einer geeigneten Dicke zur Einstellung des Beschleunigungsgrenzwerts durch Epitaxie aufgebracht. Danach wird das Leiterbahn- und Kontakt-System mit der Leiterschleife erzeugt. Die Leiterschleife kann durch eine Aluminium-Metallisierung oder durch eine Dotierung des Siliziums selbst gebildet werden.

Nach dem Aufbringen einer Trenchätzmaske und einer Rückseitenmaske erfolgt ein anisotropes Ätzen des Siliziums von der Rückseite her, sowie die naßchemische Entfernung des vergrabenen Oxids, um das Gebiet der Bruchstrukturen von unten her freizulegen. Dann wird eine Trenchätzung durchgeführt, die zur Strukturierung der Bruchstrukturen selbst führt. Diese Ätzungen können auch in einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden. Bei den in den Fig. 2 und 4 dargestellten Beschleunigungsgrenzwertsensoren führt die Trenchätzung zu den dargestellten Umrissen der Siliziumschicht.

Nachfolgend wird das Vereinzeln und Häusen der Chips mit den Bruchstrukturen durchgeführt, wobei die Chips vor dem Sägen bzw. Vereinzeln durch eine geeignete Schutzschicht geschützt

werden, die nach dem Sägen wieder entfernt wird. Alternativ können die Chips vor dem Sägen bzw. Vereinzeln beispielsweise durch anodisches Bonden oder Kleben mit einem unteren und oberen Deckel versehen werden, wie in Fig. 6 dargestellt ist.

Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Beschleunigungsgrenzwertsensors wird folglich zuerst eine Schichtfolge Siliziumsubstrat-Oxidopferschicht-Siliziumschicht durch die Bearbeitung eines Siliziumwafers hergestellt. Die Oxidopferschicht kann beispielsweise auf der Basis eines SIMOX-Prozesses oder einer Oxidabscheidung erzeugt werden. Die Materialschicht in der nachfolgend die Bruchstruktur gebildet wird, kann beispielsweise durch Aufepitaxieren von Silizium auf den Siliziumfilm einer SOI-Scheibe oder durch eine Polysiliziumabscheidung hergestellt werden. Danach wird die rückseitige Entfernung des Substrats und des Oxids unterhalb der Bruchstruktur durch Rückseitenätzen durchgeführt. Nachdem diese Prozeßschritte, die meist naßchemisch oder im Dampf eines Ätzmittels durchgeführt werden, erfolgt sind, werden die Sensorstrukturen durch ein plasmatechnisches Trenchätzen erzeugt. Hierbei kann die SOI-Scheibe von der dem Ätzangriff nicht ausgesetzten Seite mit einer geeigneten Schutzschicht, z. B. Fotolack ganz oder teilweise bedeckt sein, um eine für das Verfahren schädliche Veränderung des Plasma-Ätzprozesses beim Beginn des Durchätzens der Schicht 100 zu vermeiden. Diese Schutzschicht wird anschließend wieder plasmatechnisch entfernt. Durch das Trenchätzen und das Entfernen der Schutzschicht wird die Sensorstruktur beweglich und empfindlich für Beschleunigungen. Für die Trenchätzung wird bei diesem Verfahren eine Maske aus den üblichen Passivierungsschichten bei Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder Siliziumoxinitrid. Diese Schicht wird in ausreichender Dicke abgeschieden und in der üblichen Weise strukturiert, so daß die Metallkontaktierungsflächen der Bauelemente, die Bondpads, freigelegt werden und das gleichzeitig erfindungsgemäß die Ätzmaske für das Trenchätzen entsteht. Vor dem Trench-

ätzen werden dann die Metallkontaktierungsflächen mit einer Schutzschicht, beispielsweise Fotolack, so abgedeckt, daß sie beim Trenchätzen nicht beschädigt werden. Die Schutzschicht wird nach dem Trenchätzen entfernt. Der Trenchätzprozeß kann auch über eine Fotolackmaske erfolgen. Nachfolgend kann vorzugsweise durch anodisches Bonden ein oberer und ein unterer Deckel aufgebracht werden.

Mittels des oben beschriebenen Herstellungsverfahrens können unterschiedliche Mikrostrukturen hergestellt werden. Beispielsweise ist dieses Verfahren auch für die Herstellung von Beschleunigungssensoren mit Empfindlichkeit für Beschleunigungen in der Chipoberfläche oder senkrecht zur Chipoberfläche, von Gyroskopen sowie anderen mikroelektromechanischen Strukturen verwendbar.

Vorteilhaft an dem Herstellungsverfahren ist, daß zum einen die Beweglichkeit der Sensorstruktur durch einen trockenen plasmatechnischen Prozeß erreicht wird. Dadurch besteht bei diesem Verfahren nicht die Gefahr der bekannten Aneinanderhaftung der beweglichen Sensorstruktur und dem unbeweglichen Rest der Schicht 100, das aufgrund von Kohäsions- und Adhäsionskräften im Zusammenhang mit der Entfernung des Ätzmediums nach erfolgter Ätzung mit flüssigem Ätzmedium oder mit dem Dampf des Ätzmediums als Ätzmedium. Weiterhin ist die Gefahr einer späteren Aneinanderhaftung gegenüber bekannten Verfahren dadurch dramatisch verringert, daß das Siliziumsubstrat im Bereich der Sensorstruktur 32 entfernt wurde, so daß hier keine Haftung auftreten kann.

Die vorliegende Erfindung schafft somit einen mikromechanischen Beschleunigungsgrenzwertsensor, der sich als Sensor für Grenzbeschleunigungen aller Art, als Nachweiseinrichtung für bestimmte Belastungsereignisse von Geräten und in Arrayform angefertigt als digitaler Beschleunigungssensor verwenden läßt. Der erfindungsgemäße Beschleunigungsgrenzwertsensor weist einen einfachen Aufbau auf, ist kostengünstig herstellbar und ständig meßbereit. Ferner ist der erfindungsge-

mäße Beschleunigungsgrenzwertsensor vorzugsweise elektrisch auslesbar. Der erfindungsgemäße Sensor ist somit zur Überwachung von Beschleunigungs- und Stoßvorgängen beim Transport wertvoller empfindlicher Güter vorteilhaft einsetzbar.

Patentansprüche

1. Beschleunigungsgrenzwertsensor mit folgenden Merkmalen:

einer Trägervorrichtung (14; 36);

einer seismischen Masse (10; 32); und

einer Verbindungseinrichtung (12; 34), mit der die seismische Masse (10; 32) an der Trägereinrichtung (14; 36) angebracht ist,

wobei die Verbindungseinrichtung (12; 34) eine Sollbruchstelle aufweist, die die Verbindung zwischen der seismischen Masse (10; 32) und der Trägereinrichtung (14; 36) unterbricht, wenn die seismische Masse (10; 32) mit einer Beschleunigung beaufschlagt wird, die eine vorbestimmte Beschleunigung übersteigt.
2. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 1, bei dem die Trägereinrichtung (14; 36), die seismische Masse (10; 32) und die Verbindungseinrichtung (12; 34) einstückig mittels eines mikromechanischen Verfahrens aus einer Siliziumschicht gebildet sind, derart, daß die Sollbruchstelle der Verbindungseinrichtung (12; 34) in der Siliziumschicht gebildet ist.
3. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 2, bei dem die Sollbruchstelle durch eine zusätzliche Verringerung der Siliziumschichtdicke gebildet ist.
4. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem der die Trägereinrichtung (14; 36) bildende Teil der Siliziumschicht auf einer Oxidschicht (16; 38) angebracht ist, die auf einem Siliziumsubstrat (18; 40) angebracht ist.
5. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß einem der

Ansprüche 2 bis 4, bei dem die Sollbruchstelle derart in der Siliziumschicht strukturiert ist, daß die Verbindung zwischen der Trägereinrichtung (14) und der seismischen Masse (10) unterbrochen wird, wenn die seismische Masse (10) mit einer zu den Hauptoberflächen der Siliziumschicht senkrechten Beschleunigung (19), die die vorbestimmte Beschleunigung übersteigt, beaufschlagt wird.

6. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 3, bei dem die Sollbruchstelle derart in der Siliziumschicht strukturiert ist, daß die Verbindung zwischen der Trägereinrichtung (36) und der seismischen Masse (32) unterbrochen wird, wenn die seismische Masse (32) mit einer zu den Hauptoberflächen der Siliziumschicht parallelen Beschleunigung (30), die die vorbestimmte Beschleunigung übersteigt, beaufschlagt wird.
7. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem durch die Sollbruchstelle ein geschlossener Stromweg gebildet ist, der unterbrochen wird, wenn die Verbindung zwischen der seismischen Masse (10; 32) und der Trägereinrichtung (14; 36) unterbrochen wird.
8. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 7, bei dem der Stromweg durch eine Dotierung der Siliziumschicht gebildet ist.
9. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß Anspruch 7, bei dem der Stromweg durch eine auf die Siliziumschicht aufgebrachte Leiterbahn (22; 41) gebildet ist.
10. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Verbindungseinrichtung (12; 34) und die seismische Masse (10; 32) von an der Trägereinrichtung angebrachten Abdeckungen (50, 52) eingeschlossen sind.

11. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, bei dem die seismische Masse (32) neben der Verbindungseinrichtung eine weitere leitende Verbindung (42a, 42b) zu der Trägereinrichtung (36) aufweist, wobei die weitere leitende Verbindung (42a, 42b) derart ausgebildet ist, daß sie die mechanischen Eigenschaften der seismischen Masse (32) nicht wesentlich beeinflußt.
12. Beschleunigungsgrenzwertsensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, der eine Mehrzahl von seismischen Massen (10; 32) und Verbindungseinrichtungen (12; 34) aufweist, die an der Trägereinrichtung (14; 36) befestigt sind, wobei die Sollbruchstellen der Verbindungseinrichtungen (12; 34) bei unterschiedlichen vorbestimmten Beschleunigungen brechen.
13. Verfahren zum Herstellen des Beschleunigungssensors nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit folgenden Herstellungsschritten:

Bereitstellen eines SIMOX-Substrats oder eines anderen SOI-Substrats oder eines Siliziumsubstrats mit einer Siliziumoxidschicht und einer Siliziumstartschicht;

Abscheiden einer Siliziumepitaxieschicht oder einer Silizium-CVD-Schicht auf dem dünnen Siliziumfilm des SIMOX-Substrats oder auf der Oxidschicht des SOI-Substrats oder auf der Siliziumstartschicht;

Erzeugen eines Leiterbahnsystems und eines Kontaktierungssystems auf der zuletzt abgeschiedenen Schicht;

Erzeugen und Strukturieren einer Passivierungsschicht über der abgeschiedenen Schicht und dem Metallisierungssystem und dem Kontaktierungssystem mit der Eigenschaft, daß diese Schicht bei der später folgenden Trenchätzung als Ätzmaske wirkt und bei der Trenchät-

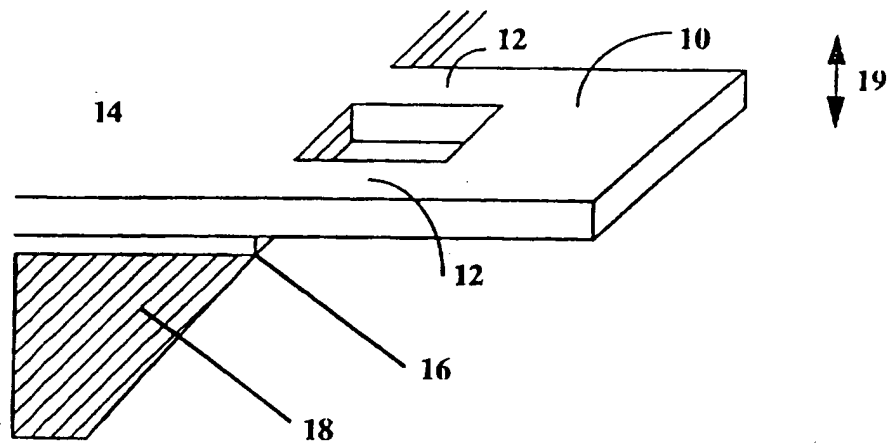
zung nicht, nicht vollständig oder vollständig verbraucht wird;

Herstellen einer Rückseitenmaske und Durchführen einer Rückseitenätzung, wobei die Oxidschicht als Ätzstopp wirkt;

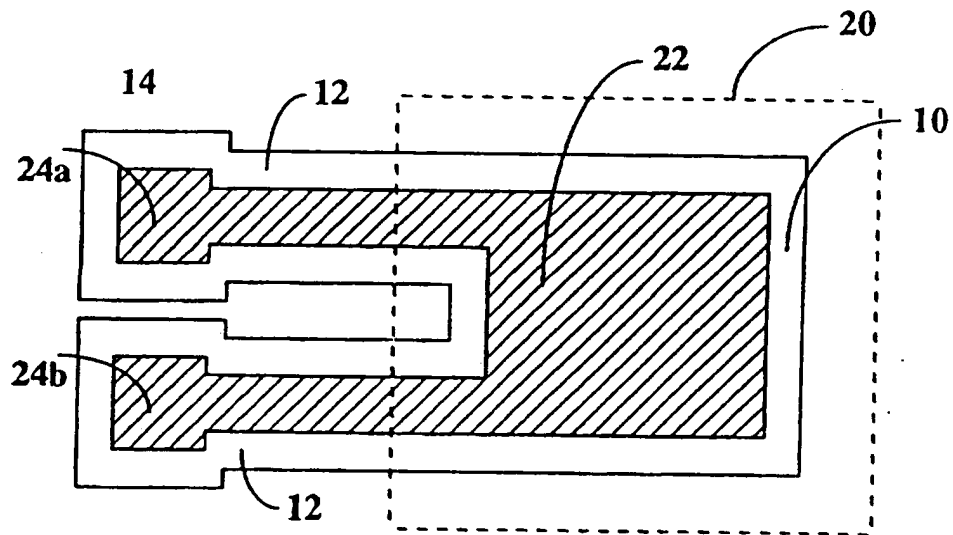
Durchführen einer Ätzung von der Scheibenrückseite zur Entfernung der Oxidschicht;

anschließendes Durchführen der Trenchätzung zum Ausbilden und Freisetzen von Sensorstrukturen.

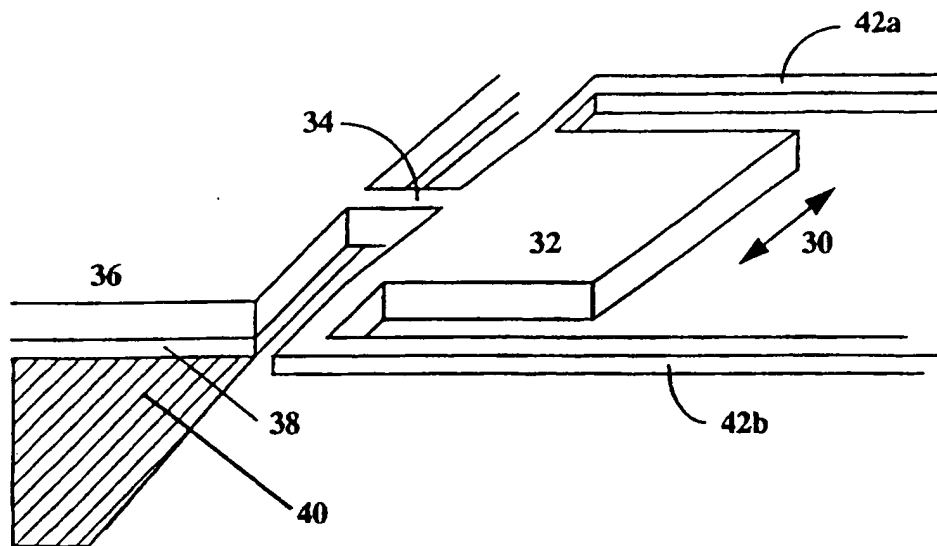
14. Verfahren nach Anspruch 13, mit dem zusätzlichen Verfahrensschritt des Erzeugens einer Dotierung in der abgeschiedenen Siliziumepitaxieschicht nach dem Aufbringen derselben.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem die Passivierungsschicht nach der Trenchätzung als Passivierung der Dotierungen, des Metallisierungssystems und des Kontaktierungssystems dient.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, mit dem zusätzlichen Verfahrensschritt des Aufbringens und Strukturieren einer Schutzschicht auf der Vorderseite der Siliziumscheibe vor Trenchätzen und Entfernen nach dem Trenchätzen.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, mit dem zusätzlichen Verfahrensschritt des Aufbringens einer vollständigen oder teilweisen Schutzschicht auf der Rückseite vor dem Trenchätzen und Entfernen nach dem Trenchätzen.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, mit dem zusätzlichen Verfahrensschritt des Trenchätzens über eine Fotolackmaske.



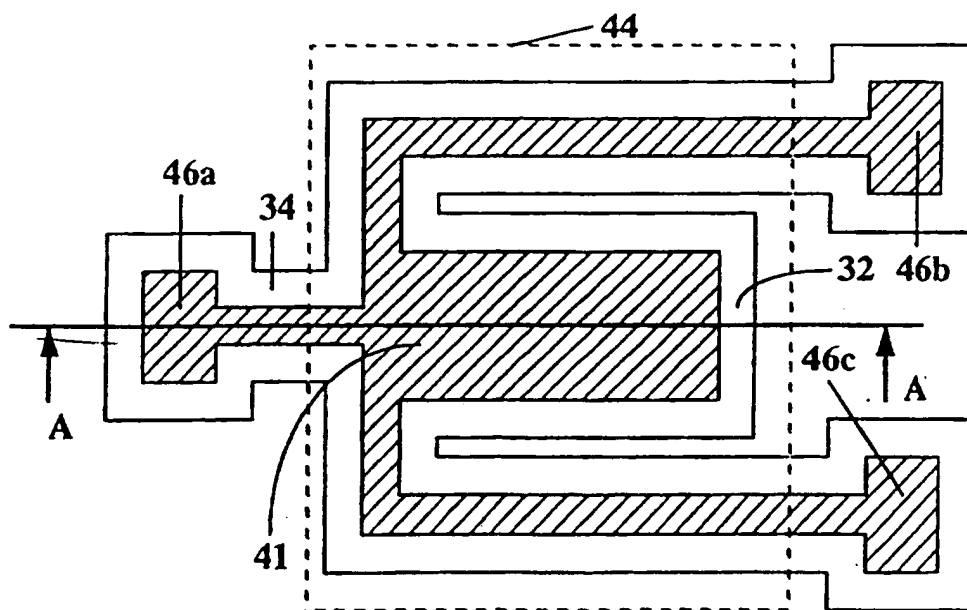
Figur 1



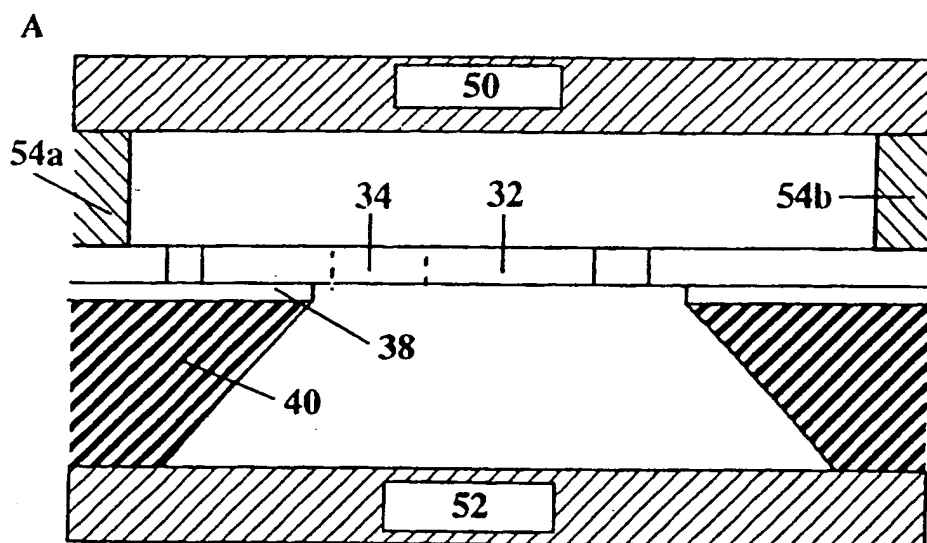
Figur 2



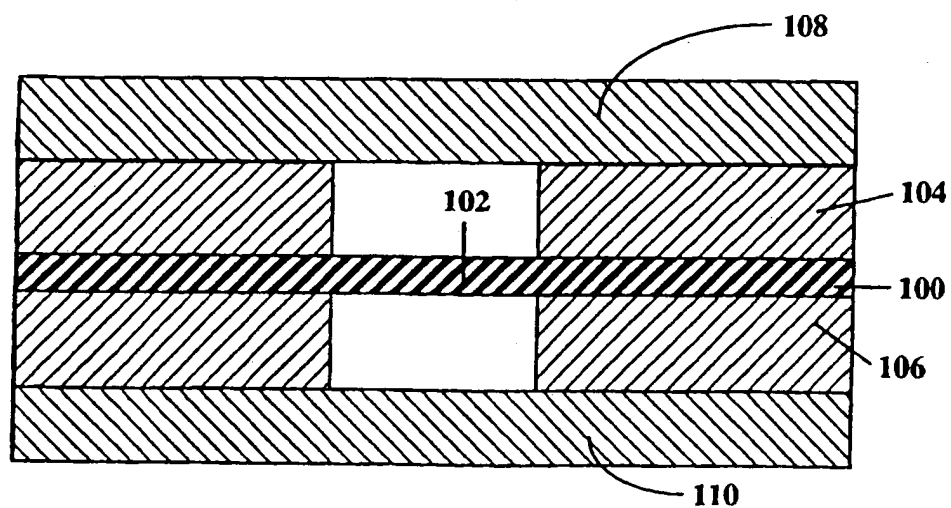
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 G01P15/06 G01P21/00 G01P15/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 6 G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | DE 748 408 C (DIPL.-ING. CARLOTTO MARTIN ET AL) 2 November 1944 | 1,12 |
| Y | see page 1, line 30 - page 2, line 5; | 7-9 |
| A | figures 1,2 | 6 |
| Y | --- WO 91 11722 A (SENSOR A.S.) 8 August 1991 | 7-9 |
| A | see page 1, line 15-20 see page 3, line 23 - page 4, line 5; figures 1,2 | 13-18 |
| X | --- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 212 (P-224) [1357] , 20 September 1983 & JP 58 106463 A (NITSUSHIN DENKI K.K.), 24 June 1983, | 1 |
| A | see abstract ----- | 3,6 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 April 1997

Date of mailing of the international search report

16.05.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Hansen, P

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 748408 C | | NONE | |
| WO 9111722 A | 08-08-91 | NONE | |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G01P15/06 G01P21/00 G01P15/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|-----------|---|--------------------|
| X | DE 748 408 C (DIPL.-ING. CARLOTTO MARTIN ET AL) 2.November 1944 | 1,12 |
| Y | siehe Seite 1, Zeile 30 - Seite 2, Zeile 5; Abbildungen 1,2 | 7-9 |
| A | --- | 6 |
| Y | WO 91 11722 A (SENSOR A.S.) 8.August 1991 | 7-9 |
| A | siehe Seite 1, Zeile 15-20 siehe Seite 3, Zeile 23 - Seite 4, Zeile 5; Abbildungen 1,2 | 13-18 |
| X | --- | 1 |
| | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 212 (P-224) [1357] , 20.September 1983 & JP 58 106463 A (NITSUSHIN DENKI K.K.), 24.Juni 1983, | |
| A | siehe Zusammenfassung ----- | 3,6 |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

* "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9.April 1997

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16.05.97

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hansen, P

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 748408 C | | KEINE | |
| WO 9111722 A | 08-08-91 | KEINE | |